

# 铅多金属矿床地球物理与地球化学综合找矿技术

赵武奎

安徽省地质矿产勘查局 312 地质队, 安徽 蚌埠 233000

**摘要:** 文章针对勘探铅多金属矿床的工作, 提出了综合运用地球物化技术的有效策略, 简要说明现有物化找矿技术的原理, 强调了综合运用不同技术, 可以通过互补, 快速且准确地获得找矿所需的地质结构、成矿等信息, 由此证实了将二者结合的必要性。研究中充分利用重力测量、化学分析等技术手段, 系统且全面地勘探了矿床深部、外围的情况, 结果表明, 相比于仅运用单一技术进行找矿, 综合找矿可以使找矿的准确性、效率得到显著提高。另外, 研究还讨论了推广生态友好型找矿技术的现实意义, 希望能够给有关从业人员以启发, 为日后矿床勘探工作的高效开展提供支持。

**关键词:** 地球化学找矿; 地球物理找矿; 铅多金属矿床; 综合找矿

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-5065(2025)13-0040-3

## Comprehensive Geophysical and Geochemical Exploration Techniques for Lead Polymetallic Deposits

ZHAO Wu-kui

Anhui Provincial Geological and Mineral Exploration Bureau 312 Geological Team, Bengbu 233000, China

**Abstract:** This article proposes an effective strategy for the comprehensive application of geophysical and geochemical technologies in the exploration of lead polymetallic deposits. It briefly explains the principles of existing geophysical and geochemical prospecting technologies and emphasizes that the comprehensive use of different technologies can quickly and accurately obtain the geological structure, mineralization and other information required for prospecting through complementarity. This confirms the necessity of combining the two. In the study, gravity measurement, chemical analysis and other technical means were fully utilized to systematically and comprehensively explore the deep and peripheral conditions of the deposit. The results showed that compared to using only a single technique for prospecting, comprehensive prospecting can significantly improve the accuracy and efficiency of prospecting. In addition, the study also discussed the practical significance of promoting eco-friendly mineral exploration techniques, hoping to inspire relevant practitioners and provide support for the efficient development of future mineral exploration work.

**Keywords:** geochemical prospecting; Geophysical prospecting; Lead polymetallic deposits; integrated ore prospecting

研究发现, 铅锌矿等有色金属在推动经济与科技发展中具有极为重要的作用, 现已在诸多领域得到应用。近年来, 受开采力度加大影响, 易发现、易开采的矿产资源总量不断减少, 找矿难度随之提升。在此背景下, 基于地球物化技术开展综合找矿的做法逐渐引起从业人员重视。对于以铅多金属矿床为代表的类型多样、地质特征复杂的矿床, 综合找矿不仅能提高勘探成功率, 还可缩短工作用时, 通过快速确定找矿靶区, 为矿产开发与利用提供支撑。

### 1 地球物理找矿

地球物理找矿是基于地球物理学方法探测并评估矿产资源分布情况、规模和质量的技術, 可以通过探测物理场的异常, 准确识别、定位地下矿体。该技术的分支包括:

**重力测量。**该技术主要用于大范围的区域勘探。由于密度不同的岩石、矿物通常会产生不同的重力效应, 因此, 工

作人员可以根据地表的重力场变化, 了解地下密度异常分布, 进而确定勘探区域是否存在深部矿体、隐伏矿体<sup>[1]</sup>。

**磁法测量。**该技术是利用岩石、矿物磁性差异对地下结构进行探测的技术。若矿床存在磁铁矿等磁性矿物, 则会导致磁场异常, 工作人员可以通过测量异常, 大致确定矿体的位置和规模。该技术具有勘探速度快、成本低的优点, 将其用于寻找磁性矿体的工作, 通常能够取得理想的效果。

**电法测量。**由于地下岩石、矿物之间存在电性差异, 因此, 工作人员可通过测量地表、地下电场变化, 对矿体进行探测。该技术可以细分为激发极化法、电阻率法等, 上述方法均能够用来寻找导电性较好的矿床, 如本文讨论的铅多金属矿床。

**地震测量。**该技术的原理是通过分析人工、自然地震波在地下岩石内部的传播情况, 探测地下结构。由于岩石的弹性、密度都会影响地震波的传播速度, 因此, 一般情况下, 工作人员可以通过分析地震波的反射、折射和波形变化, 了解地下构造情况、矿体位置<sup>[2]</sup>。

**放射性测量。**部分矿石矿物具有放射性特征, 这也决定了通过测量地表、地下放射性强度, 对矿体进行识别的做法可行。实际应用时, 可根据岩石元素放射性、地表伽马射线强度, 确定勘探区域是否存在放射性矿体。

收稿日期: 2025-04

作者简介: 赵武奎, 男, 生于 1990 年, 安徽蚌埠人, 本科, 工程师, 研究方向: 物探测量探矿。

## 2 地球化学找矿

地球化学找矿是发现、评估矿产资源的重要方法,强调以地球化学原理为依托,通过分析不同介质的化学元素分布特征,识别并定位矿化异常区域。若工作人员决定通过该技术找矿,则应了解找矿步骤。第一步,采集土壤、岩石等不同介质的样品。在采样时,应严格控制采样的位置和地表之间的距离,这样做既能够保证样品具有代表性,又可以避免地表受到干扰。第二步,通过AAS、XRF等技术分析样品,了解样品中不同化学元素的含量,保证分析结果具有理想的精度及灵敏度。第三步,集成分析数据,通过图像对数据进行可视化展示,了解元素异常区域的具体情况。异常区域是指元素含量明显高于背景值的区域,工作人员可以通过分析数据,对可能存在的矿化区域加以确定。第四步,深入分析地球化学异常,结合地质、地球物理和钻探要素,评价异常区域,确定矿体的规模及深度。第五步,建立能够如实展示矿床形成过程、分布规律的地球化学模型,通过研究地质条件、地球化学特征的联系,预测勘探区域的矿化潜力。

## 3 铅多金属矿床综合找矿

### 3.1 集成数据

预计到2030年,世界各国对关键金属的需求会增长50%左右,由此可见,对找矿技术进行创新与完善十分重要<sup>[3]</sup>。地球物化找矿在勘探铅多金属矿床的工作中发挥着至关重要的作用,要想充分发挥该技术的优点,一方面要保证测量精度、分析深度理想,另一方面要提高数据集成效率,在数据集成系统的协助下,高效完成整合不同来源、不同结构的数据的工作,形成统一且协调的数据集,为后续处理、分析和解释数据提供便利。对勘探矿床的工作而言,需要集成的数据主要包括地球物理、化学数据,其中,以电阻率和极化率为代表的物理数据的作用是反映矿体、围岩之间的物理性质差异,其作用是帮助工作人员快速确定矿体位置、形态和规模。微量元素含量、同位素比值等地球化学数据,则能够准确揭示矿体的成因、物质来源和演化过程。工作人员要想高效完成集成数据的任务,应结合实际情况,采用先进的技术手段及方法,先确定统一的数据标准和格式,确保来源不同的数据能够无缝衔接。接下来,在数据处理和分析软件的协助下,清洗、转换并整合原始数据,形成质量符合要求的数据集。最后一步是通过图形或者报表,可视化展示数据集,根据数据集提供的信息,开展后续工作。待集成数据的工作告一段落,可以利用多元统计分析方法,深入研究成矿元素,明确元素之间的相关性、分布规律还有富集特征,在确定找矿方向的前提下,进一步缩小找矿靶区边界,提高找矿效率。总之,数据集成是地球物化找矿必不可少的环节,工作人员可以通过高效集成数据,全面且深入地了解勘探数据,由此降低找矿的难度,增强工作的实效性。

### 3.2 提取信息

相比于单一的找矿技术,地球物化找矿可以使工作人员在更短的时间内获得关于矿床位置、规模、形态和成矿机制的具体信息。在实际工作中,工作人员需要根据物、化找矿技术的原理,确定提取有效信息的方法,进一步提升找矿速度。其中,物理技术的原理是通过测量岩石和矿石的密度、磁性、电导率等物理性质,间接推断勘探区域是否存在矿体,工作人员可以通过电法测量、重力测量等技术,获取关于矿体空间分布、形状的信息,识别矿化异常体。化学技术则是通过分析岩石等介质的化学元素含量和分布特征,获得能够揭示成矿元素迁移、富集及分散规律的矿化信息,工作人员可以通过采集、分析与样品有关的化学元素数据,确定成矿元素的异常分布范围,进而缩小勘探范围或确定矿化带、矿体所在的位置。综合找矿集成了地球物理技术能够揭示地质构造和岩性分布、地球化学技术能够发现元素异常和成矿规律的优点,能够快速确定找矿方向及范围,使找矿成功率得到提高。实际应用该技术时,需要工作人员集成应用不同找矿技术获得的数据信息,通过对比分析,进一步提高找矿的准确性、可靠性,在此基础上,结合地质背景、成矿条件还有控矿因素,通过综合的分析,建立完整且适用于多数场景的找矿模型。

近几年,随着科技的进步,AI、云计算等技术被频繁用于数据的处理和分析,上述技术的加入不仅增强了分析结果的准确性,还提升了处理数据的速度。其中,AI和大数据的作用是通过深入分析数据集,快速确定隐藏在数据集中的规律,为找矿工作指明方向。云计算平台的问世,则使得远程存储、实时共享地球物化数据成为可能,工作人员可以通过跨地区合作,高效完成各项任务。一言蔽之,地球物化找矿可以使工作人员掌握较单一找矿技术更加丰富的矿化信息,通过科学、高效地提取并利用相关数据信息,降低勘探铅多金属矿床的难度,最大化实现该项工作的价值。

### 3.3 多学科交叉分析

铅多金属矿床的形成不仅与地质构造有关,还受岩浆活动、流体运移的影响。在找矿过程中,综合应用地球物化技术,可以通过弥补单一技术的局限性,使找矿的速度及准确率达到预期水平。然而,考虑到铅多金属矿床的成矿过程复杂,涉及多种地质因素的相互作用,因此,仅依靠常规的方法分析数据,无法保证成矿机制、找矿标志得到全面揭示,引入多学科交叉分析能够有效解决该问题。在地球物理学领域,受计算机技术、数据处理方法不断进步影响,三维建模、数值模拟技术得到了广泛运用,上述技术能够基于地球物理技术,建立真实反映地下岩层情况的三维模型,真实模拟包括岩浆活动、流体运移在内的常见地质过程,使工作人员对成矿机制有更加准确的了解,在此基础上,结合地质、构造等信息,分析地球物理数据并得出对后续工作有指导作用的



结论。而在地球化学领域,多元统计分析等方法的加入有效解决了分析结果流于表面的问题,日常工作中,工作人员可以通过对比不同地质单元矿石特性(如图1所示)、矿化阶段的元素组合及同位素特征,了解成矿物质的主要来源和演化路径,同时,通过分析相关数据,掌握岩浆性质、流体成分等重要信息,增强找矿工作的实效性。在开展交叉分析工作时,需要依靠现代信息技术,高效完成集成、共享和分析数据的任务,通过建立相应的信息化平台、数据库,快速集成来自不同渠道的异构数据,无缝衔接各类数据,保证数据资源得到充分利用。条件允许的情况下,工作人员还可以引入数据挖掘、机器学习等技术,深入挖掘并分析海量数据,尽快确定找矿规律。

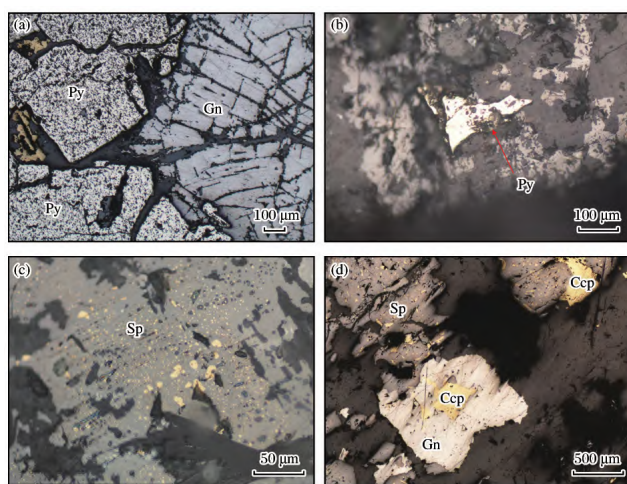


图1 矿石特性

图1中,Py为黄铁矿,Gn为方铅矿,Sp为闪锌矿,Ccp为黄铜矿<sup>[4]</sup>。除此之外,还要明确一点,即跨领域合作能够进一步增强找矿工作的实效性,使该项工作的作用得到充分发挥。实际工作中,地球物理、化学家应该主动联合地质学家,通过共享知识、经验,共同冲破技术瓶颈、攻克技术难题。其中,物理学家主要负责提供关于地下岩层结构的信息,化学家的任务是分析元素异常,地质学家则能够结合专业知识、工作经验,详细说明地质构造、岩浆活动给成矿过程带来的影响<sup>[6]</sup>。事实证明,跨领域协同既能够使找矿的精准度得到提升,又可以为相关学科的发展提供动力。理论结合实践的重要性同样不容忽视,有序开展室内实验研究、野外实地勘探工作,能够快速验证理论模型的有效性,并明确现行找矿策略的优点与不足,通过优化找矿策略,为后续工作的高效开展提供支持。日常工作中,工作人员可以先前往实验室开展模拟实验,了解成矿机制,再前往野外,通过实地勘查检验成矿机制是否准确,由此加快找矿技术进步的速度,使找矿工作能够取得预期的成绩。

#### 4 找矿技术未来发展趋势

在强调可持续发展的当下,环境友好型技术的重要性逐渐显露出来,现有地球物化技术虽能够高效完成找矿的工作,但有一定概率给生态环境造成干扰,导致土壤受到扰动或水源受到污染。在此背景下,有关从业人员加大了对高精度且对环境友好的新型找矿技术的探究力度,希望能够通过引入无人机等先进设备,降低地质调查对环境的影响,并在保证数据采集质量符合要求的前提下,进一步提升该项工作的速度。对地球物理探矿而言,工作人员可以尝试引入数值模拟、机器学习技术,准确揭示磁法测量、地震测量的数据,尽量避免无效的物理勘探行为,降低该项工作的能耗及噪声污染。例如,基于AI算法快速处理地震数据,准确识别深部矿体,由此确定后续工作的目标及方向,增强找矿工作的实效性。在地球化学领域,则可以大力推广微区、微量量分析技术,弥补常规技术需要对地表大规模取样的不足,为生态环境提供保障。此外,还可以通过建立三维模型,进一步提升矿化区域预测结果的精准度,使自然资源得到高效、环保的开发与利用。

#### 5 结语

通过本文的研究可以得出以下结论:其一,地球物化找矿适用于铅多金属矿床的勘探,可以快速识别异常区域,为找矿提供有效的信息。其二,物化综合技术能够弥补单一技术的不足,使找矿过程更加高效、结果更加可靠。其三,以矿区的地质特征、构造背景和成矿条件为依据,综合分析并详细解释找矿标志,有助于工作人员快速确定找矿方向及范围。总之,将地球物化找矿技术结合的做法极具现实意义,可以显著降低勘探复杂地质环境的难度,通过高效集成数据、准确提取信息以及多学科交叉分析得出结论,进一步提高工作精度,使确定矿床位置的工作有据可依,应该引起重视并大力推广。<sup>世</sup>

#### 参考文献

- [1] 李敏. 内蒙古科尔沁右翼前旗复兴屯4区银铅锌多金属矿床地球物理及地球化学特征[J]. 西部资源, 2024, (02): 44-49.
- [2] 王小涛, 梁新辉, 张怡静, 等. 栾川县白土铅多金属矿床稀土元素地球化学特征及其指示意义[J]. 中国钨业, 2024, 42(02): 72-78.
- [3] 尚凯凯, 王双, 陈春景, 等. 栾川县大红金铅多金属矿床地质和地球化学异常特征及找矿前景分析[J]. 矿产勘查, 2022, 13(08): 1108-1118.
- [4] 杨宗耀, 唐菊兴, 任东兴, 等. 西藏斯弄多银多金属矿床地球物理和地球化学勘查进展[J]. 地球科学, 2024, 49(03): 1081-1103.
- [5] 张海瑞, 武斌, 周勇, 等. 试论临朐铁寨地区矽卡岩型铜金多金属矿床地球化学模型[J]. 矿产与地质, 2021, 35(01): 104-112.